

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   2 月 1 0 日  
Date of Application:

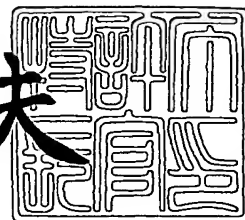
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 3 2 0 7 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 3 2 0 7 6 ]

出      願      人            セイコーエプソン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月   5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 0 6 6 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 EP-0427201

【提出日】 平成15年 2月10日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/10

【発明者】

    【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

    【氏名】 金子 剛

【特許出願人】

    【識別番号】 000002369

    【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100090479

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 井上 一

    【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

    【識別番号】 100090387

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 布施 行夫

    【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

    【識別番号】 100090398

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大淵 美千栄

    【電話番号】 03-5397-0891

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 039491

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9402500

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レンズ一体型光ファイバおよびその製造方法、光モジュール、  
ならびに光伝達装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバの端面上に設けられたレンズを含み、  
前記光ファイバの端面と平行でかつ前記レンズの切断面の面積が最大となる面  
で前記レンズを切断した場合の切断面を最大切断面  $S_1$  としたとき、

前記最大切断面  $S_1$  の最大幅  $d_2$  が、前記光ファイバの端面の最大幅  $d_1$  より  
も大きい、レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 2】 コアおよびクラッドを含む光ファイバと、  
前記光ファイバの端部において、前記コアの端面上に設けられたレンズと、  
を含む、レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 3】 請求項 2 において、  
前記端部において、前記コアの端面と前記クラッドの端面との高さが異なる、  
レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 4】 請求項 3 において、  
前記端部において、前記コアは前記クラッドで覆われていない、レンズ一体型  
光ファイバ。

【請求項 5】 請求項 4 において、  
前記端部において、前記コアと前記クラッドとで凸部が構成される、レンズ一  
体型光ファイバ。

【請求項 6】 請求項 2 ないし 5 のいずれかにおいて、  
前記レンズの屈折率は、前記コアの屈折率とほぼ等しい、レンズ一体型光ファ  
イバ。

【請求項 7】 請求項 4 ないし 6 のいずれかにおいて、  
前記端部において、前記コアの周囲が封止材で覆われた、レンズ一体型光ファ  
イバ。

【請求項 8】 請求項 7 において、

前記レンズの屈折率は、前記封止材の屈折率より大きく、  
前記封止材の屈折率は、前記クラッドの屈折率とほぼ等しい、レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 9】 請求項 2 ないし 8 のいずれかにおいて、  
前記コアの端面と平行でかつ前記レンズの切断面の面積が最大となる面で前記レンズを切断した場合の切断面を最大切断面  $S_2$  としたとき、  
前記最大切断面  $S_2$  の最大幅  $d_4$  が、前記コアの端面の最大幅  $d_3$  よりも大きい、レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 10】 請求項 3 において、  
前記端部において、前記クラッドは前記コアを覆っていない、レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 11】 請求項 10 において、  
前記端部において、前記コアと前記クラッドとで凹部が構成される、レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 のいずれかにおいて、  
前記レンズは、エネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させることにより形成された、レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 13】 請求項 12 において、  
前記レンズは、紫外線硬化型樹脂からなる、レンズ一体型光ファイバ。

【請求項 14】 請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載のレンズ一体型光ファイバと、  
光学的部分を有する光素子と、  
前記光素子と電氣的に接続された半導体チップと、を含む、光モジュール。

【請求項 15】 請求項 1 ないし 13 のいずれかに記載のレンズ一体型光ファイバと、  
前記光ファイバの一方の端面に発光部を向けて搭載された発光素子と、  
前記発光素子と電氣的に接続されて前記発光素子とパッケージ化された半導体チップと、  
前記光ファイバの他方の端面に受光部を向けて搭載された受光素子と、

前記受光素子と電氣的に接続されて前記受光素子とパッケージ化された半導体チップと、  
を含む、光伝達装置。

【請求項 16】 (a) 光ファイバの端面に対して液滴を吐出して、レンズ前駆体を前記光ファイバの端面上に形成し、

(b) 前記レンズ前駆体を硬化させて、レンズを形成すること、を含み、  
前記光ファイバの端面と平行でかつ前記レンズの切断面の面積が最大となる面で前記レンズを切断した場合の切断面を最大切断面  $S_1$  としたとき、

前記最大切断面  $S_1$  の最大幅  $d_2$  を、前記光ファイバの端面の最大幅  $d_1$  よりも大きくなるように形成する、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 17】 (a) コアとクラッドとを含む光ファイバの端部において、前記コアの端面に対して液滴を吐出して、レンズ前駆体を前記コアの端面上に形成し、

(b) 前記レンズ前駆体を硬化させて、レンズを形成すること、を含む、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 18】 請求項 17 において、

さらに、前記 (a) および (b) の前に、(c) 前記端部において、前記コアの端面の高さが、前記クラッドの端面の高さと異なるように形成すること、を含む、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 19】 請求項 18 において、

前記 (c) は、前記端部において、前記コアの周囲の前記クラッドを除去すること、を含む、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 20】 請求項 18 において、

前記 (c) は、前記端部において、前記コアを伸長すること、を含む、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 21】 請求項 19 または 20 において、

さらに、(d) 前記コアの周囲を封止材で覆うこと、を含む、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 22】 請求項 19 ないし 21 のいずれかにおいて、

前記コアの端面と平行でかつ前記レンズの切断面の面積が最大となる面で前記レンズを切断した場合の切断面を最大切断面  $S_2$  としたとき、

前記最大切断面  $S_2$  の最大幅  $d_4$  を、前記コアの端面の最大幅  $d_3$  よりも大きくなるように形成する、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 2 3】 請求項 1 8 において、

前記 (c) は、前記端部において、前記クラッドに隣り合う前記コアを除去すること、を含む、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 2 4】 請求項 1 6 ないし 2 3 のいずれかにおいて、

前記液滴の吐出は、インクジェット法により行なわれる、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 2 5】 請求項 1 6 ないし 2 4 のいずれかにおいて、

前記レンズ前駆体の硬化は、エネルギーの付加により行なわれる、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【請求項 2 6】 請求項 2 5 において、

前記レンズ前駆体は、紫外線硬化型樹脂からなり、

前記エネルギーは、紫外光であり、

前記レンズ前駆体の硬化は、前記光ファイバの他方の端部において、前記コアの端面から紫外光を入射させた後、該紫外光が前記コア内を伝搬し、前記光ファイバの端部から出射した紫外光を該レンズ前駆体に照射することにより行なわれる、レンズ一体型光ファイバの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レンズ一体型光ファイバおよびその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

また、本発明は、レンズ一体型光ファイバを含む光モジュールおよび光伝達装置に関する。

【0 0 0 3】

【背景技術】

近年、情報通信が高速化・大容量化の傾向にあり、光通信の開発が進んでいる。一般に、光通信では、電気信号を光信号に変換し、光信号を光ファイバで送信し、受信した光信号を電気信号に変換する。電気信号と光信号との変換は、光素子によって行なわれる。

#### 【0004】

この場合、光ファイバとして、先球ファイバが用いられる場合がある。この先球ファイバは、先端に半球状のレンズが設置されているファイバである。先球ファイバを用いることにより、通常光ファイバと光素子との間に設置されるレンズが省略可能となるため、光路の調整が容易となるうえ、装置の小型化が可能となる。

#### 【0005】

しかしながら、先球ファイバを製造するためには、複雑な加工が必要となる場合が多い（例えば、特許文献1参照）。このため、先球ファイバは一般に、通常の光ファイバと比較してかなり高価である。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平8-286082号公報

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、安価であり、かつ光学特性が良好に制御されたレンズ一体型光ファイバおよびその製造方法を提供することにある。

#### 【0008】

また、本発明の目的は、前記レンズ一体型光ファイバを含む光モジュールおよび光伝達装置を提供することにある。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

(1) 本発明のレンズ一体型光ファイバは、  
光ファイバの端面上に設けられたレンズを含み、  
前記光ファイバの端面と平行でかつ前記レンズの切断面の面積が最大となる面



で前記レンズを切断した場合の切断面を最大切断面  $S_1$  としたとき、

前記最大切断面  $S_1$  の最大幅  $d_2$  が、前記光ファイバの端面の最大幅  $d_1$  よりも大きい。

【0010】

(2) また、本発明のレンズ一体型光ファイバは、  
コアおよびクラッドを含む光ファイバと、  
前記光ファイバの端部において、前記コアの端面上に設けられたレンズと、  
を含む。

【0011】

ここで、前記光ファイバの端面は、前記レンズを設置できる限り、形状は特に限定されるわけではなく、円形であってもよいし楕円形であってもよい。また、前記レンズの切断面も同様に、形状は特に限定されるわけではない。

【0012】

また、ここで、「最大切断面  $S_1$ 」とは、前記光ファイバの端面と平行な面で前記レンズを切断した場合の切断面のうち、面積が最大である切断面をいう。また、「最大切断面  $S_1$  の最大幅  $d_2$ 」とは、前記最大切断面  $S_1$  における最大の幅をいう。さらに、「光ファイバの端面の最大幅  $d_1$ 」とは、前記光ファイバの端面における最大の幅をいい、例えば光ファイバの端面が円形である場合、光ファイバの端面を構成する円の直径をいい、例えば光ファイバの端面が楕円形である場合、光ファイバの端面を構成する楕円の長軸をいう。

【0013】

本発明のレンズ一体型光ファイバによれば、上記構成を有することにより、前記レンズの曲面（前記レンズの表面）の上部と前記光ファイバの端面との距離を大きくすることができるため、前記レンズのレンズ効果を高めることができる。詳しくは、本実施の形態の欄で説明する。

【0014】

なお、本発明において、光ファイバの材質は特に限定されるわけではなく、例えば石英ガラス、プラスチック、プラスチックと石英との複合体、あるいは多成分ガラスからなる光ファイバに本発明を適用することができる。

**【0015】**

(3) このレンズ一体型光ファイバにおいて、前記端部において、前記コアの端面と前記クラッドの端面との高さが異なるようにすることができる。

**【0016】**

(i) この場合、前記端部において、前記コアを、前記クラッドで覆われていないようにすることができる。これにより、前記端部において、前記コアと前記クラッドとで凸部を構成することができる。

**【0017】**

ここで、前記端部において、前記コアの周囲を封止材で覆うことができる。この構成によれば、前記レンズを前記端面上に確実に固定することができる。その結果、歩留まりが高いレンズ一体型光ファイバを得ることができる。

**【0018】**

また、ここで、前記コアの端面と平行でかつ前記レンズの切断面の面積が最大となる面で前記レンズを切断した場合の切断面を最大切断面  $S_2$  としたとき、

前記最大切断面  $S_2$  の最大幅  $d_4$  を、前記コアの端面の最大幅  $d_3$  よりも大きくすることができる。

**【0019】**

ここで、「最大切断面  $S_2$ 」とは、前記コアの端面と平行な面で前記レンズを切断した場合の切断面のうち、面積が最大である切断面をいう。また、「コアの端面の最大幅  $d_3$ 」とは、前記コアの端面における最大の幅をいい、例えばコアの端面が円形である場合、コアの端面を構成する円の直径をいい、例えばコアの端面が楕円形である場合、コアの端面を構成する楕円の長軸をいう。さらに、「最大切断面  $S_2$  の最大幅  $d_4$ 」とは、前記最大切断面  $S_2$  における最大の幅をいう。

**【0020】**

この構成によれば、レンズ効果が大きいレンズを、前記コアの端面上に設置することができる。

**【0021】**

(ii) また、この場合、前記端部において、前記クラッドは前記コアを覆って

いないようにすることができる。これにより、前記端部において、前記コアと前記クラッドとで凹部が構成される。この構成によれば、前記レンズを前記端面上に確実に固定することができる。その結果、歩留まりが高いレンズ一体型光ファイバを得ることができる。

#### 【0022】

(4) このレンズ一体型光ファイバにおいて、前記レンズの屈折率を、前記コアの屈折率とほぼ等しくすることができる。

#### 【0023】

また、前記レンズの屈折率を、前記封止材の屈折率より大きく、前記封止材の屈折率を、前記クラッドの屈折率とほぼ等しくすることができる。

#### 【0024】

(5) このレンズ一体型光ファイバにおいて、前記レンズは、エネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させることにより形成できる。これにより、前記レンズが所望の形状および大きさに調整されることにより、光学特性が良好に制御されたレンズを含むレンズ一体型光ファイバを得ることができる。

#### 【0025】

この場合、前記レンズは、紫外線硬化型樹脂からなることができる。

#### 【0026】

(6) 本発明の光モジュールは、前述した本発明のレンズ一体型光ファイバと

、  
光学的部分を有する光素子と、

前記光素子と電氣的に接続された半導体チップと、を含む。

#### 【0027】

本発明の光モジュールによれば、前記レンズ一体型光ファイバと、前記光素子とを含むことにより、光ファイバと光素子との間に別途レンズが設けられた一般的な光モジュールと比較して、装置の簡素化を図ることができるうえ、装置の小型化および低コスト化を図ることができる。

#### 【0028】

また、光ファイバと光素子との間に別途レンズが設けられた一般的な光モジュールと比較して、本発明のレンズ一体型光ファイバでは、前記レンズが前記光ファイバに設置されているため、別途設けられるレンズと、光ファイバおよび光素子との位置合わせが不要になる。すなわち、前記レンズ一体型光ファイバと前記光素子との間の位置合わせを行なうだけで足りるため、光路調整の簡易化を図ることができる。

#### 【0029】

(7) 本発明の光伝達装置は、前述した本発明のレンズ一体型光ファイバと、前記光ファイバの一方の端面に発光部を向けて搭載された発光素子と、前記発光素子と電氣的に接続されて前記発光素子とパッケージ化された半導体チップと、前記光ファイバの他方の端面に受光部を向けて搭載された受光素子と、前記受光素子と電氣的に接続されて前記受光素子とパッケージ化された半導体チップと、を含む。

#### 【0030】

(8) 本発明のレンズ一体型光ファイバの製造方法は、  
(a) 光ファイバの端面に対して液滴を吐出して、レンズ前駆体を前記光ファイバの端面上に形成し、  
(b) 前記レンズ前駆体を硬化させて、レンズを形成すること、を含み、  
前記光ファイバの端面と平行でかつ前記レンズの切断面の面積が最大となる面で前記レンズを切断した場合の切断面を最大切断面  $S_1$  としたとき、  
前記最大切断面  $S_1$  の最大幅  $d_2$  を、前記光ファイバの端面の最大幅  $d_1$  よりも大きくなるように形成する。

#### 【0031】

(9) また、本発明のレンズ一体型光ファイバの製造方法は、  
(a) コアとクラッドとを含む光ファイバの端部において、前記コアの端面に対して液滴を吐出して、レンズ前駆体を前記コアの端面上に形成し、  
(b) 前記レンズ前駆体を硬化させて、レンズを形成すること、を含む。

#### 【0032】

本発明のレンズ一体型光ファイバの製造方法によれば、より簡便な方法にて、所望の形状および大きさに調整されかつ光学特性が良好に制御されたレンズを含む、レンズ一体型光ファイバを得ることができる。詳しくは、本実施の形態の欄で説明する。

#### 【0033】

(10) このレンズ一体型光ファイバの製造方法において、さらに、前記(a)および(b)の前に、(c) 前記端部において、前記コアの端面の高さが、前記クラッドの端面の高さと異なるように形成すること、を含むことができる。

#### 【0034】

(i) この場合、前記(c)は、前記端部において、前記コアの周囲の前記クラッドを除去すること、を含むことができる。あるいは、この場合、前記(c)は、前記端部において、前記コアを伸長すること、を含むことができる。

#### 【0035】

また、この場合、さらに、(d) 前記コアの周囲を封止材で覆うこと、を含むことができる。

#### 【0036】

さらに、この場合、前記コアの端面と平行でかつ前記レンズの切断面の面積が最大となる面で前記レンズを切断した場合の切断面を最大切断面  $S_2$  としたとき

前記最大切断面  $S_2$  の最大幅  $d_4$  を、前記コアの端面の最大幅  $d_3$  よりも大きくするように形成することができる。

#### 【0037】

(ii) また、この場合、前記端部において、前記クラッドに隣り合う前記コアを除去すること、を含むことができる。

#### 【0038】

(11) このレンズ一体型光ファイバの製造方法において、前記液滴の吐出を、インクジェット法により行なうことができる。この方法によれば、前記液滴の吐出量の微妙な調整が可能であるため、微細なレンズを、前記光ファイバの端面上に簡便に設置することができる。

**【 0 0 3 9 】**

( 1 2 ) このレンズ一体型光ファイバの製造方法において、前記レンズ前駆体の硬化を、エネルギーの付加により行なうことができる。

**【 0 0 4 0 】**

この場合、前記レンズ前駆体は、紫外線硬化型樹脂からなり、  
前記エネルギーは、紫外光であり、

前記レンズ前駆体の硬化は、前記光ファイバの他方の端部において、前記コアの端面から紫外光を入射させた後、該紫外光が前記コア内を伝搬し、前記光ファイバの端部から出射した紫外光が該レンズ前駆体に照射することにより行なわれる。この方法によれば、前記紫外光が前記コアの端面から出射して直接前記レンズ前駆体に照射されるため、前記レンズ前駆体を確実に硬化させることができるのに加えて、より少ない紫外線の量で前記レンズ前駆体を効率良く硬化させることができる。

**【 0 0 4 1 】****【発明の実施の形態】**

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

**【 0 0 4 2 】****(第 1 の実施の形態)****1. レンズ一体型光ファイバの構造**

図 1 ( a ) は、本発明を適用した一実施の形態に係るレンズ一体型光ファイバ 1 5 0 を模式的に示す側面図であり、図 1 ( b ) は、図 1 ( a ) に示すレンズ一体型光ファイバ 1 5 0 を模式的に示す正面図である。図 1 ( a ) および図 1 ( b ) は、レンズ一体型光ファイバ 1 5 0 のうち、端面 1 2 0 a 上にレンズ 1 4 0 が設けられた光ファイバ 1 2 0 の端部を示している。

**【 0 0 4 3 】**

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 1 5 0 は、図 1 ( a ) および図 1 ( b ) に示すように、光ファイバ 1 2 0 と、光ファイバ 1 2 0 の端面 1 2 0 a 上に設けられたレンズ 1 4 0 とを含む。

**【 0 0 4 4 】**

### [光ファイバ]

光ファイバ120は一般に、コア122およびクラッド124を含む。クラッド124はコア122を同心円状に囲んでいる。光ファイバ120では、コア122とクラッド124との境界で光が反射されて、コア122内に光が閉じ込められ、コア122内を光が伝搬する。また、クラッド124の周囲は、ジャケット（図示せず）によって保護することができる。

### 【0045】

また、本実施の形態においては、光ファイバ120の断面形状が円形である場合について示したが、光ファイバ120の断面形状は特に限定されるわけではない。このことは、後述する実施形態および変形例に示される光ファイバについても同様である。例えば、光ファイバ120として、断面形状が楕円形である光ファイバや、コアが円形または楕円形でクラッドがその他の形状である光ファイバを用いることができる。

### 【0046】

なお、図1(a)および図1(b)においては、光ファイバ120の端部（一方の端部）を示している。このレンズ一体型光ファイバ150は、光ファイバ120の両方の端部において、光ファイバ120の端面120a上にレンズ140が形成されていてもよいし、光ファイバ120の両方の端部のうちいずれか一方において、光ファイバ120の端面上にレンズ140が形成されていてもよい。このことは、後述する実施形態および変形例に示されるレンズ一体型光ファイバでも同様である。

### 【0047】

#### [レンズ]

レンズ140は、図1(a)および図1(b)に示すように、光ファイバ120の端面120a上に設けられている。また、最大切断面 $S_1$ の最大幅 $d_2$ は、光ファイバ120の端面120aの最大幅 $d_1$ よりも大きい。ここで、最大切断面 $S_1$ は、光ファイバ120の端面120aと平行な面でレンズ140を切断した場合のレンズ140の切断面のうち、面積が最大となる切断面である。

### 【0048】

また、このレンズ一体型光ファイバ 150 においては、最大切断面  $S_1$  は円形であるため、最大切断面  $S_1$  の最大幅  $d_2$  は、最大切断面  $S_1$  を構成する円の直径である。この場合、図示しないが、最大切断面  $S_1$  がほぼ楕円形である場合、最大切断面  $S_1$  の最大幅  $d_2$  は、最大切断面  $S_1$  を構成する楕円の長軸である。

#### 【0049】

さらに、このレンズ一体型光ファイバ 150 においては、光ファイバ 120 の端面 120a の最大幅  $d_1$  は、光ファイバ 120 の端面 120a における最大の幅である。本実施の形態においては、光ファイバ 120 の端面 120a は円形であるため、光ファイバ 120 の端面 120a の最大幅  $d_1$  は、光ファイバ 120 の端面 120a を構成する円の直径である。この場合、図示しないが、光ファイバ 120 の端面 120a がほぼ楕円形である場合、光ファイバ 120 の端面 120a の最大幅  $d_1$  は、光ファイバ 120 の端面 120a を構成する楕円の長軸である。

#### 【0050】

光ファイバ 120 から出射する光を、例えば受光素子（図示せず）に入射させる場合、光ファイバ 120 から出射した光をレンズ 140 によって集光した後、受光素子に入射させることができる。あるいは、発光素子（図示せず）から出射する光を、例えば光ファイバ 120 に入射させる場合、発光素子から出射した光をレンズ 140 に入射させ、レンズ 140 によって該光を集光した後、光ファイバ 120 へと入射させることができる。

#### 【0051】

レンズ 140 は、エネルギーを付加することによって硬化可能な液体材料を硬化させて形成することができる。前記液体材料としては、例えば、紫外線硬化型樹脂や熱硬化型樹脂の前駆体が挙げられる。紫外線硬化型樹脂としては、例えば紫外線硬化型のアクリル系樹脂およびエポキシ系樹脂が挙げられる。また、熱硬化型樹脂としては、熱硬化型のポリイミド系樹脂が例示できる。

#### 【0052】

さらに、レンズ 140 の屈折率は、光ファイバ 120 のコア 122 の屈折率とほぼ等しくすることができる。この構成によれば、レンズ 140 とコア 122 と



の界面における光の反射を少なくすることができるため、該界面における光の損失を少なくすることができる。このことは、後述する実施形態および変形例においても同様である。

#### 【0053】

具体的には、レンズ140は、光ファイバ120の端面120aに対して液滴を吐出して、レンズ前駆体（後述する）を形成した後、このレンズ前駆体を硬化させることにより形成することができる。

#### 【0054】

より具体的には、レンズ140は、紫外線硬化型樹脂または熱硬化型樹脂の前駆体からなる。この場合、レンズ140の形状および大きさは、レンズ140を形成する際に用いる液体材料の種類や量を調整することによって、制御することができる。例えば、図1(a)および図1(b)には、最大切断面 $S_1$ の最大幅 $d_2$ が光ファイバ120の端面120aの最大幅 $d_1$ よりも大きい場合を示したが、レンズ140を形成するために用いる液体材料の量および種類を調整することによって、最大切断面 $S_1$ の最大幅 $d_2$ を、光ファイバ120の端面120aの最大幅 $d_1$ よりも小さくすることもできる。このことは、後述する第2の実施形態のレンズ240についても同様に適用される。

#### 【0055】

### 2. レンズ一体型光ファイバの製造方法

次に、図1(a)および図1(b)に示すレンズ一体型光ファイバ150の製造方法について、図2および図3を参照して説明する。図2および図3はそれぞれ、レンズ一体型光ファイバ150の一製造工程を模式的に示す図である。

#### 【0056】

### [レンズ前駆体の形成]

まず、光ファイバ120の端面120a上にレンズ前駆体140aを形成する（図2および図3参照）。具体的には、光ファイバ120の端面120aに対して、レンズ140を形成するための液体材料の液滴140bを吐出して、レンズ前駆体140aを形成する。前述したように、前記液体材料は、エネルギーを付加することによって硬化可能な性質を有する。

## 【0057】

液滴 140b を吐出する方法としては、例えば、デイスペンサ法またはインクジェット法が挙げられる。デイスペンサ法は、液滴を吐出する方法として一般的な方法であり、比較的広い領域に液滴 140b を吐出する場合に有効である。また、インクジェット法は、インクジェットヘッドを用いて液滴を吐出する方法であり、液滴を吐出する位置について  $\mu\text{m}$  オーダーの単位で制御が可能である。また、吐出する液滴の量をピコリットルオーダーの単位で制御することができる。このため、微細な光ファイバの端面上に、微細な構造のレンズを作製することができる。

## 【0058】

ここでは、図 2 に示すように、インクジェットヘッド 110 を用いて液滴 140b を吐出する方法について説明する。図 2 に示すように、光ファイバ 120 の端面 120a に対して、インクジェットヘッド 110 を用いて液体材料の液滴 140b を吐出する。これにより、図 3 に示すように、光ファイバ 120 の端面 120a 上にレンズ前駆体 140a を形成する。必要に応じて、液滴 140b を複数回吐出することにより、所望の形状および大きさのレンズ前駆体 140a を、光ファイバ 120 の端面 120a 上に形成する。

## 【0059】

なお、液滴 140b を吐出する前に、必要に応じて、光ファイバ 120 の端面 120a に親液性処理または撥液性処理を行なうことにより、液滴 140b に対する端面 120a の濡れ性を制御することができる。これにより、レンズ 140 の形状および大きさをより厳密に制御することができる。

## 【0060】

## [レンズの形成]

次いで、レンズ前駆体 140a を硬化させて、レンズ 140 を形成する（図 1 および図 3 参照）。具体的には、図 3 に示すように、レンズ前駆体 140a に対して、熱または光等のエネルギー 113 を付加する。

## 【0061】

レンズ前駆体 140a を硬化する際は、前記液体材料の種類により適切な方法

を選択する。硬化手段としては、具体的には、熱エネルギーの付加、あるいは紫外線またはレーザー光等の光照射が挙げられる。また、付加するエネルギー 113 の量は、レンズ前駆体 140 a の形状、大きさおよび材質によって適宜調整する。以上の工程により、光ファイバ 120 と、光ファイバ 120 の端面 120 a 上に形成されたレンズ 140 とを含むレンズ一体型光ファイバ 150 が得られる（図 1 参照）。

#### 【0062】

### 3. 作用効果

本実施の形態に係るレンズ一体型光ファイバおよびその製造方法は、以下に示す作用効果を有する。これらの作用効果によって、安価であり、かつ光学特性が良好に制御されたレンズ一体型光ファイバ 150 を得ることができる。

#### 【0063】

(1) 第 1 に、最大切断面  $S_1$  の最大幅  $d_2$  が、光ファイバ 120 の端面 120 a の最大幅  $d_1$  よりも大きい。これにより、レンズ 140 の曲面（レンズ 140 の表面）の上部と、光ファイバ 120 の端面 120 a との距離を大きくすることができるため、レンズ 140 のレンズ効果を高めることができる。

#### 【0064】

(2) 第 2 に、レンズ 140 の大きさおよび形状を厳密に制御することができる。すなわち、レンズ 140 の形状は液滴 140 b の吐出量によって制御することができる。これにより、所望の形状および大きさのレンズ 140 を含むレンズ一体型光ファイバ 150 を得ることができる。その理由について、以下説明する。

#### 【0065】

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 150 によれば、図 1 に示すように、レンズ前駆体 140 a は光ファイバ 120 の端面 120 a 上に形成される。これにより、光ファイバ 120 の側面がレンズ前駆体 140 a で濡れない限り、レンズ前駆体 140 a には表面張力が主に作用する。このため、レンズ前駆体 140 a を形成するための液滴 140 b の量を調整することによって、レンズ前駆体 140 a の形状および大きさを制御することができる。これにより、所望の形状お

よび大きさのレンズ 140 を得ることができる。

#### 【0066】

(3) 第3に、レンズ 140 の設置位置を厳密に制御することができる。前述したように、レンズ 140 は、光ファイバ 120 の端面 120 a に対して液滴 140 b を吐出して、レンズ前駆体 140 a を形成した後、レンズ前駆体 140 a を硬化させることにより形成される (図2および図3参照)。

#### 【0067】

一般に、吐出された液滴の着弾位置を厳密に制御するのは難しい。しかしながら、この方法によれば、特に位置合わせを行なうことなく光ファイバ 120 の端面 120 a 上にレンズ 140 を形成することができる。すなわち、光ファイバ 120 の端面 120 a 上に液滴 140 b が着弾すれば、液滴 140 b が端面 120 a 上に濡れ広がるため、厳密な位置合わせを行なうことなくレンズ前駆体 140 a を端面 120 a 上に形成することができる。これにより、設置位置が厳密に制御されたレンズ 140 を簡便な方法で得ることができる。

#### 【0068】

(第2の実施の形態)

##### 1. レンズ一体型光ファイバの構造

図4(a)は、本発明を適用した一実施の形態に係るレンズ一体型光ファイバ 250 を模式的に示す側面図であり、図4(b)は、図4(a)に示すレンズ一体型光ファイバ 250 を模式的に示す正面図である。図4(a)および図4(b)は、端面 220 a 上にレンズ 240 が設けられた光ファイバ 220 の端部を示している。

#### 【0069】

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 250 は、図4(a)および図4(b)に示すように、光ファイバ 220 と、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222 a 上に設けられたレンズ 240 とを含む。

#### 【0070】

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 250 は、図4(a)および図4(b)に示すように、光ファイバ 220 の端部において、コア 222 の端面 222 a

とクラッド 224 の端面 224 a との高さが異なる点、ならびに光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222 a 上にレンズ 240 が設けられている点で、第 1 の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 150 と異なる構成を有する。

#### 【0071】

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 250 およびその製造方法において、第 1 の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 150 と同様の構成を有する点については、原則として同一の符号を付して詳しい説明を省略する。

#### 【0072】

##### [光ファイバ]

光ファイバ 220 は、コア 222 およびクラッド 224 を含む。本実施の形態においては、図 4 (a) に示す光ファイバ 220 の端部において、コア 222 がクラッド 224 で覆われていない場合を示す。すなわち、図 4 (a) に示す光ファイバ 220 の端部において、コア 222 の端面 222 a はクラッド 224 の端面 224 a より突出しており、コア 222 とクラッド 224 とで凸部 260 が構成されている。

#### 【0073】

光ファイバ 220 は、第 1 の実施の形態において光ファイバ 120 の材質として示したものと同様の材質から形成することができる。

#### 【0074】

##### [レンズ]

レンズ 240 は、図 4 (a) および図 4 (b) に示すように、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222 a 上に設けられている。また、最大切断面  $S_2$  の最大幅  $d_4$  は、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222 a の最大幅  $d_3$  よりも大きくすることができる。ここで、最大切断面  $S_2$  は、コア 222 の端面 222 a と平行な面でレンズ 240 を切断した場合のレンズ 240 の切断面のうち、面積が最大となる切断面である。

#### 【0075】

また、このレンズ一体型光ファイバ 250 においては、最大切断面  $S_2$  は円形であるため、最大切断面  $S_2$  の最大幅  $d_4$  は、最大切断面  $S_2$  を構成する円の直

径である。この場合、図示しないが、最大切断面  $S_2$  がほぼ楕円形である場合、最大切断面  $S_2$  の最大幅  $d_4$  は、最大切断面  $S_2$  を構成する楕円の長軸に相当する。このことは、後述する実施形態および変形例において、最大切断面  $S_2$  がほぼ円形または楕円形である場合についても同様に適用される。

#### 【0076】

さらに、このレンズ一体型光ファイバ 250 においては、コア 222 の端面 222a の最大幅  $d_3$  は、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222a における最大の幅である。本実施の形態においては、コア 222 の端面 222a は円形であるため、コア 222 の端面 222a の最大幅  $d_3$  は、コア 222 の端面 222a を構成する円の直径である。この場合、図示しないが、コア 222 の端面 222a がほぼ楕円形である場合、最大幅  $d_3$  は、コア 222 の端面 222a を構成する楕円の長軸である。このことは、後述する実施形態および変形例において、光ファイバのコアの端面がほぼ円形または楕円形である場合についても同様に適用される。

#### 【0077】

レンズ 240 は、第 1 の実施の形態において示したレンズ 140 と同様の材質からなることができる。

#### 【0078】

また、レンズ 240 は、第 1 の実施の形態のレンズ 140 と同様の方法にて形成される。具体的には、レンズ 240 は、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222a に対して液滴を吐出して、レンズ前駆体（後述する）を形成した後、このレンズ前駆体を硬化させることにより形成することができる。

#### 【0079】

### 2. レンズ一体型光ファイバの製造方法

次に、図 4 (a) および図 4 (b) に示すレンズ一体型光ファイバ 250 の製造方法について説明する。なお、前述した第 1 の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 150 の製造工程と同様の工程については、原則として説明を省略する。

#### 【0080】

[コアおよびクラッドの端面の加工]

まず、コア 2 2 2 の端面 2 2 2 a を、クラッド 2 2 4 の端面 2 2 4 a より突出させる工程について説明する。コア 2 2 2 の端面 2 2 2 a を、クラッド 2 2 4 の端面 2 2 4 a より突出させるためには、具体的には、図 5 および図 6 に示す方法が例示できる。

#### 【0 0 8 1】

##### (1) ウエットエッチングによる方法

まず、ウエットエッチングによって、コア 2 2 2 の端面 2 2 2 a を、クラッド 2 2 4 の端面 2 2 4 a より突出させる工程について、図 5 を参照して説明する。ここでは、光ファイバ 2 2 0 が石英系光ファイバからなる場合について説明する。

#### 【0 0 8 2】

一般に、光ファイバは、コアの屈折率をクラッドとの屈折率よりも大きくするために、コアとクラッドとが異なる成分から形成されている。このコアとクラッドとの成分の違いを利用して、ウエットエッチングにて、コアまたはクラッドを選択的に除去することができる。

#### 【0 0 8 3】

例えば、端面が平坦な光ファイバ（図 5 参照）に対してウエットエッチングを行なうことによって、クラッド 2 2 4 を選択的に除去できるエッチャントを用いる。これにより、コア 2 2 2 の端面 2 2 2 a とクラッド 2 2 4 の端面 2 2 4 a よりも突出させることができる。

石英系光ファイバのコアとクラッドとの選択的エッチングに用いられるエッチャントとしては、例えば、フッ化水素酸とフッ化アンモニウムを混合した水溶液（バッファフッ酸水溶液）を用いることができる。このバッファフッ酸水溶液中のフッ化水素酸およびフッ化アンモニウムの濃度を調整することにより、クラッド 2 2 4 を選択的に除去することができる。

#### 【0 0 8 4】

ウエットエッチングの模式図を図 5 に示す。図 5 に示すように、光ファイバ 2 2 0 の端部をエッチャント 2 3 0 に浸す。これにより、クラッド 2 2 4 が選択的に溶解するため、光ファイバ 2 2 0 の端部において、クラッド 2 2 4 を除去する

ことができる。

#### 【0085】

具体的には、40重量％フッ化アンモニウム水溶液と50重量％フッ化水素酸水溶液と純水（ $H_2O$ ）とを所定の体積比で用いることにより調製されたバッファフッ酸水溶液を用いることにより、クラッド224を選択的に除去することができる。

#### 【0086】

なお、バッファフッ酸水溶液中のフッ化水素酸とフッ化アンモニウムの濃度を調整することにより、コア222を選択的に除去することもできる。この場合については、詳しくは、後述する実施形態で述べる。

#### 【0087】

##### （2）光硬化による方法

次に、光硬化によってコア222を伸長させる工程について、図6を参照して説明する。この方法では、光ファイバ220のコア222の端面に光硬化型樹脂を伸長させることにより、コア222の端面222aをクラッド224の端面224aよりも突出させる。ここで、光ファイバ220の材質は、光硬化型樹脂との密着性が確保できるかぎり、特に限定されない。

#### 【0088】

具体的には、図6に示すように、端面222aを含む光ファイバ220の端部（一方の端部）を、紫外線硬化型樹脂の前駆体を含有する液体材料232の中に浸す。光ファイバ220のもう一方の端部において、コアの端面222bから紫外線213を入射させる。これにより、端面222bから入射した紫外線213はコア222内を伝搬した後、端面222aから出射する。ここで、クラッド224には紫外光が導入されないため、クラッド224からは紫外光が出射せず、紫外光213が出射するのはコア222の端面222aからのみである。すなわち、コア222の端面222aから出射する紫外線213によって、コア222の端面222aにて、液体材料230に含まれる紫外線硬化型樹脂の前駆体が反応する。この結果、コア222の端面222a上に紫外線硬化樹脂が形成されることによりコア222が伸長し、図4に示すように、コア222の端面222a



が、クラッド 224 の端面 224 a より突出した構造の光ファイバ 220 が得られる。

#### 【0089】

なお、図 6 においては、光ファイバ 220 の端部を液体材料 232 内に浸した状態でコア 222 を伸長する例について示した。ここで、光ファイバ 220 の端部を液体材料 232 内に浸すかわりに、光ファイバ 220 の端面 222 上に液体材料を設置した状態で、図 6 に示す場合と同様に、もう一方の端部のコア 222 の端面から紫外線を導入して、コア 222 を伸長してもよい。

#### 【0090】

##### [レンズの形成]

次いで、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222 a 上にレンズ 240 を形成する。本実施の形態において、レンズ 240 を形成する方法は、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222 a 上にレンズ 240 を形成する点を除いて、第 1 の実施の形態においてレンズ 140 を形成する方法と同様である。また、レンズ 240 の材質は、第 1 の実施の形態のレンズ 140 と同様の材質を用いることができる。

#### 【0091】

具体的には、レンズ 240 を形成するための液体材料からなる液滴を、光ファイバ 220 のコア 222 の端面 222 a に対して吐出して、レンズ前駆体をコア 222 の端面 222 a 上に形成する。次いで、このレンズ前駆体に対してエネルギーを付加することによって硬化させて、レンズ 240 を形成する。

#### 【0092】

ここで、レンズ前駆体を硬化する方法の一例を図 7 に示す。本例では、レンズ前駆体が紫外線硬化型樹脂の前駆体からなる場合について説明する。図 7 には、光ファイバ 220 の端部において、光ファイバ 220 と、光ファイバのコア 222 の端面 222 a 上に設けられたレンズ前駆体 240 a とが示されている。なお、ここで示す方法のかわりに、第 1 の実施の形態で示したレンズ前駆体の硬化方法（図 3 参照）によっても、レンズ前駆体 240 a を硬化することができる。

#### 【0093】

まず、図7に示すように、光ファイバ220のもう一方の端部において、コアの端面222bから紫外線213を入射させる。これにより、端面222bから入射した紫外線213はコア222内を伝搬した後、端面222aから出射する。ここで、クラッド224には紫外光が導入されないため、クラッド224からは紫外光が出射せず、紫外光213が出射するのはコア222の端面222aからのみである。すなわち、コア222の端面222aから出射する紫外線213によって、コア222の端面222a上に形成されたレンズ前駆体240aが硬化する。これにより、図4(a)および図4(b)に示すように、コア222の端面222a上に形成されたレンズ240が得られる。

#### 【0094】

この方法によれば、紫外光213がコア222の端面222aから出射して直接レンズ前駆体240aに照射されるため、レンズ前駆体240aを確実に硬化させることができるのに加えて、より少ない紫外線の量でレンズ前駆体240aを効率良く硬化させることができる。

#### 【0095】

これにより、光ファイバ220のコア222の端面222a上にレンズ240が設けられたレンズ光ファイバ250が得られる(図4(a)および図4(b)参照)。

#### 【0096】

なお、上記の硬化方法は、本実施の形態だけでなく、他の実施形態においてレンズ前駆体を硬化させる場合に適用することができる。特に、コアの端面上に形成されたレンズ前駆体を硬化する場合や、光ファイバのコアおよびクラッドの端面にレンズ前駆体が形成されていて、クラッドの膜厚がコアの膜厚と比較して薄い場合には、コアの端面から出射する紫外光を効率良くレンズ前駆体に導入することができるため、レンズ前駆体を確実に硬化させることができる。

#### 【0097】

### 3. 作用効果

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ250およびその製造方法によれば、第1の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ150およびその製造方法と同様の

作用効果を有する。

#### 【0098】

さらに、本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ250によれば、光ファイバ220のコア222の端面222a上にレンズ240が設けられている。光ファイバ220において実際に光が伝搬するのはコア222の部分である。すなわち、コア222の端面222a上にのみレンズ240が設けられていることにより、レンズ240を介して外部から光をコア222内に導入する場合は、光を効率良くコア222に取り込むことができる。あるいは、コア222内を伝搬する光をレンズ240で集光した後外部に放出する場合は、レンズ240にて光を効率良く集光した後外部に放出することができる。

#### 【0099】

#### 4. 変形例

次に、本実施の形態のレンズ一体型光ファイバの変形例について説明する。図8(a)は、本実施の形態の一変形例のレンズ一体型光ファイバ251を模式的に示す側面図であり、図8(b)は、図8(a)に示すレンズ一体型光ファイバ251を模式的に示す正面図である。図8(a)および図8(b)は、レンズ240が設けられた光ファイバ220の端部を示している。

#### 【0100】

図8(a)および図8(b)に示すレンズ一体型光ファイバ251は、第2の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ250の光ファイバ220の端部において(図4(a)および図4(b)参照)、コア222の周囲を封止材226で埋め込んだものである。

#### 【0101】

すなわち、本変形例のレンズ一体型光ファイバ251において、封止材226以外の構成はレンズ一体型光ファイバ250と同様である。したがって、本変形例のレンズ一体型光ファイバ251は、第2の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ250と同様の作用効果を有する。

#### 【0102】

レンズ一体型光ファイバ251において、コア222の周囲を封止材226で

覆うことにより、コア 222 の端面 222 a 上にレンズ 240 を確実に固定することができる。その結果、歩留まりが高いレンズ一体型光ファイバ 251 を得ることができる。

#### 【0103】

封止材 226 の屈折率は、光ファイバ 220 のコア 222 の屈折率よりも小さくすることができる。また、レンズ 240 の屈折率は、封止材 226 の屈折率より大きくすることができ、封止材 226 の屈折率は、光ファイバ 220 のクラッド 224 の屈折率とほぼ等しくすることができる。この構成によれば、図 8 (a) および図 8 (b) に示す光ファイバ 220 の端部において、コア 222 内に光を閉じ込めるクラッドとしての機能を、封止材 226 にもたせることができる。これにより、コア 222 内を伝搬する光の損失を少なくすることができる。このことは、後述する実施形態および変形例においても同様である。封止材 226 の材質は特に限定されないが、例えば熱硬化型樹脂や光硬化型樹脂などの樹脂材料を用いることができる。

#### 【0104】

(第 3 の実施の形態)

##### 1. レンズ一体型光ファイバの構造

図 9 (a) は、本発明を適用した一実施の形態に係るレンズ一体型光ファイバ 350 を模式的に示す側面図であり、図 9 (b) は、図 9 (a) に示すレンズ一体型光ファイバ 350 を模式的に示す正面図である。図 9 (a) および図 9 (b) は、レンズ 340 が設けられた光ファイバ 320 の端部を示している。

#### 【0105】

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 350 は、図 9 (a) および図 9 (b) に示すように、光ファイバ 320 と、光ファイバ 320 のコア 322 の端面 322 a 上に設けられたレンズ 340 とを含む。

#### 【0106】

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 350 は、図 9 (a) および図 9 (b) に示すように、光ファイバ 320 の端部において、コア 322 の端面 322 a とクラッド 324 の端面 324 a との高さが異なる点、および光ファイバ 320

のコア 322 の端面 322 a 上にレンズ 340 が設けられている点で、第 2 の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 250 と同様の構成を有する。

#### 【0107】

一方、本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 350 は、図 9 (a) および図 9 (b) に示すように、光ファイバ 320 の端部において、クラッド 324 がコア 322 を覆っていない点で、第 2 の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 250 とは異なる構成を有する。

#### 【0108】

なお、本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 350 およびその製造方法において、第 2 の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 250 と同様の構成を有する点については、原則として同一の符号を付して詳しい説明を省略する。

#### 【0109】

##### [光ファイバ]

光ファイバ 320 は、コア 322 およびクラッド 324 を含む。本実施の形態においては、前述したように、光ファイバ 320 の端部において、クラッド 324 はコア 322 を覆っていない場合を示している。すなわち、図 9 (a) および図 9 (b) に示すように、光ファイバ 320 の端部において、クラッド 324 の端面 324 a はコア 322 の端面 322 a より突出しており、コア 322 とクラッド 324 とで凹部 360 が構成されている。

#### 【0110】

光ファイバ 320 は、第 1 の実施の形態において光ファイバ 120 の材質として示したものと同様の材質から形成することができる。

#### 【0111】

##### [レンズ]

レンズ 340 は、図 9 (a) および図 9 (b) に示すように、光ファイバ 320 のコア 322 の端面 322 a 上に設けられている。このレンズ 340 は、第 1 の実施の形態において示したレンズ 140 と同様の材質からなることができる。

#### 【0112】

また、レンズ 340 は、第 1 の実施の形態のレンズ 140 と同様の方法にて形

成される。具体的には、レンズ 340 は、光ファイバ 320 のコア 322 の端面 322a に対して液滴を吐出して、レンズ前駆体（後述する）を形成した後、このレンズ前駆体を硬化させることにより形成することができる。

### 【0113】

#### 2. レンズ一体型光ファイバの製造方法

次に、図 9（a）および図 9（b）に示すレンズ一体型光ファイバ 350 の製造方法について説明する。なお、前述した第 1 の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 150 の製造工程と同様の工程については、原則として説明を省略する。

### 【0114】

#### [コアおよびクラッドの端面の加工]

本実施の形態において、光ファイバ 320 のコア 322 およびクラッド 324 の端面は、第 2 の実施の形態の欄で説明した方法のうち、ウエットエッチングを用いる方法にて加工することができる。具体的には、ウエットエッチングにおいて、エッチャントを構成する各成分の種類や濃度を調整することによって、コア 322 が選択的に除去できる条件にてエッチングを行なう。

### 【0115】

例えば、光ファイバ 320 が石英系光ファイバからなり、エッチャントとしてバッファフッ酸水溶液を用いる場合、このバッファフッ酸水溶液中のフッ化水素酸および／またはフッ化アンモニウムの濃度を調整することにより、コア 322 を選択的に除去することができる。

### 【0116】

具体的には、第 2 の実施の形態の欄でクラッドを除去する際に用いた水溶液を、各成分の割合を変えることにより用いることができる。

### 【0117】

#### [レンズの形成]

次いで、光ファイバ 320 のコア 322 の端面 322a 上にレンズ 340 を形成する。本実施の形態において、レンズ 340 を形成する方法は、第 2 の実施の形態においてレンズ 240 を形成する方法と同様である。また、レンズ 340 の材質は、第 1 の実施の形態のレンズ 140 と同様の材質を用いることができる。

## 【0118】

具体的には、レンズ340を形成するための液体材料からなる液滴を、光ファイバ320のコア322の端面322aに対して吐出して、レンズ前駆体をコア322の端面322a上に形成する。次いで、このレンズ前駆体に対してエネルギーを付加することによって硬化させて、レンズ340を形成する。これにより、光ファイバ320のコア322の端面322a上にレンズ340が設けられたレンズ光ファイバ350が得られる（図9（a）および図9（b）参照）。

## 【0119】

## 4. 作用効果

本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ350およびその製造方法によれば、第2の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ250およびその製造方法と同様の作用効果を有する。

## 【0120】

さらに、本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ350によれば、図9（a）および図8（b）に示すように、光ファイバ320の端部において、クラッド324がコア322を覆っていない。すなわち、コア322とクラッド324とで凹部360が構成されている。レンズ340はこの凹部360に設けられているため、コア322の端面322a上に設置したレンズ340を確実に固定することができる。その結果、歩留まりが高いレンズ一体型光ファイバ350を得ることができる。

## 【0121】

## （第4の実施の形態）

図10は、本発明を適用した第4の実施の形態の光モジュールを模式的に示す図である。この光モジュールは、光素子10と、半導体チップ20と、第2の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ250（図4（a）および図4（b）参照）とを含む。なお、この光モジュールにおいて、第2の実施の形態のレンズ一体型光ファイバ250のかわりに、前述した変形例または他の実施形態のレンズ一体型光ファイバを用いてもよい。

## 【0122】

## 1. 光モジュールの構造

光素子 10 は、発光素子であっても受光素子であってもよい。発光素子の一例として面発光素子、特に面発光レーザを適用することができる。面発光レーザなどの面発光素子は、基板に対して垂直方向に光を発する。光素子 10 は、光学的部分 12 を有する。光素子 10 が発光素子であるときは、光学的部分 12 は発光部であり、光素子 10 が受光素子であるときは、光学的部分 12 は受光部である。

### 【0123】

光素子 10 は、レンズ一体型光ファイバ 250 との相対的な位置が固定された状態となっている。具体的には、光素子 10 の光学的部分 12 と、レンズ一体型光ファイバ 250 の先端との相対的な位置が固定されていることが好ましい。より具体的には、光学的部分 12 が、レンズ一体型光ファイバ 250 のレンズ 140 と対向する状態であることが多い。また、本実施の形態では、光学的部分 12 は、半導体チップ 20 の穴 28 と対向している。

### 【0124】

光素子 10 は、少なくとも 1 つ（一般的には 2 つまたはそれ以上）の電極を有する。例えば、光学的部分 12 が形成された面に、第 1 の電極 14 が設けられていてもよい。なお、複数の第 1 の電極 14 のうち、少なくとも一つがダミー電極であってもよい。ダミー電極は、第 1 の電極 14 と同じ材料で形成してもよいが、光素子 10 の内部には電氣的に接続されていないものである。例えば、全てを直線で結んで三角形以上の多角形を描く位置に、第 1 の電極 14 を形成し、そのうちの少なくとも一つがダミー電極であってもよい。こうすることで、光素子 10 を 3 点以上の箇所安定して支持することができる。

### 【0125】

第 1 の電極 14 が設けられた面とは別の面に、第 2 の電極 16 が設けられていてもよい。光素子 10 が面発光レーザなどの半導体レーザであるときは、第 1 の電極 14 が設けられた面とは反対側の面に第 2 の電極 16 が設けられてもよい。

### 【0126】

半導体チップ 20 は、光素子 10 を駆動するためのものである。半導体チップ



20には、光素子10を駆動するための回路が内蔵されている。半導体チップ20には、内部の回路に電氣的に接続された複数の電極（またはパッド）22が形成されている。電極22が形成された面に、少なくとも一つの電極22に電氣的に接続した配線パターン24が形成されることが好ましい。

#### 【0127】

半導体チップ20と光素子10とは、電氣的に接続されている。例えば、光素子10の第1の電極14と、半導体チップ20上に形成された配線パターン24と、を電氣的に接続する。接続には、ワイヤなどを使用してもよいが、ろう材の一例であるハンダ26などによる金属接合や異方性導電材料（膜）を介して、第1の電極14と配線パターン24とを接合してもよい。この場合、光素子10は、半導体チップ20に対してフェースダウン実装される。こうすることで、ハンダ26によって、電氣的な接続を行えるのみならず、光素子10と半導体チップ20とを固定することができる。なお、第1の電極14のうち、ダミー電極となるものも、配線パターン24に接合することが好ましい。こうすることで、光素子10を安定した状態で半導体チップ20上に固定することができる。

#### 【0128】

また、光素子10の第2の電極16と、配線パターン24とが電氣的に接続されている。接続には、ワイヤ27を使用したり、導電ペーストを第2の電極16から配線パターン24まで設けてもよい。

#### 【0129】

光素子10と半導体チップ20との間には、アンダーフィル材40を設けてもよい。アンダーフィル材40が光素子10の光学的部分12を覆うときには、アンダーフィル材40は透明であることが好ましい。アンダーフィル材40は、光素子10と半導体チップ20との電氣的な接続部分を覆って保護するとともに、光素子10および半導体チップ20の表面も保護する。さらに、アンダーフィル材40は、光素子10および半導体チップ20の接合状態を保持する。

#### 【0130】

半導体チップ20には、穴（例えば貫通穴）28が形成されていてもよい。穴28には、レンズ一体型光ファイバ250が挿入される。穴28は、内部の回路

を避けて、電極 22 が形成された面からその反対側の面に至るまで形成されている。穴 28 の少なくとも一方の開口端部には、テーパ 29 が形成されていることが好ましい。テーパ 29 を形成することで、穴 28 にレンズ一体型光ファイバ 250 を挿入しやすくなる。

#### 【0131】

半導体チップ 20 は、基板 42 に取り付けられていてもよい。詳しくは、半導体チップ 20 は、接着剤 44 を介して基板 42 に貼り付けられていてもよい。基板 42 には、穴 46 が形成されている。穴 46 は、半導体チップ 20 の穴 28 と連通する位置に形成されている。半導体チップ 20 と基板 42 とを接着する接着剤 44 は、2 つの穴 28、46 の連通を妨げないように、これらを塞がないように設けられる。基板 42 の穴 46 は、半導体チップ 20 とは反対側の方向に内径が大きくなるように、テーパが付された形状になっている。これにより、レンズ一体型光ファイバ 250 を挿入しやすくなっている。

#### 【0132】

基板 42 は、樹脂、ガラスまたはセラミックなどの絶縁性を有する材料から形成されてもよいが、金属などの導電性を有する材料から形成されてもよい。基板 42 が導電性の材料からなるときには、少なくとも半導体チップ 20 が取り付けられる面に、絶縁膜 43 を形成することが好ましい。なお、以下の実施の形態でも、基板 42 として同様の材料を用いることができる。

#### 【0133】

また、基板 42 は、高い熱伝導性を有することが好ましい。これによれば、基板 42 が、光素子 10 および半導体チップ 20 の少なくとも一方の熱の発散を促進する。この場合、基板 42 はヒートシンクまたはヒートスプレッドである。本実施の形態では、半導体チップ 20 が基板 42 に接着されているので、直接的には半導体チップ 20 を冷却することができる。なお、半導体チップ 20 と基板 42 とを接着する接着剤 44 は、熱伝導性を有することが好ましい。さらに、半導体チップ 20 が冷却されるので、半導体チップ 20 に接合された光素子 10 も冷却される。

#### 【0134】

基板 42 には、配線パターン 48 が設けられている。また、基板 42 には、外部端子 50 が設けられている。本実施の形態では、外部端子 50 はリードである。基板 42 に形成された配線パターン 48 は、例えばワイヤ 52 を介して、半導体チップ 20 の電極 22、半導体チップ 20 上に形成された配線パターン 24、光素子 10 の第 1 または第 2 の電極 14、16 のうち、少なくとも一つと電氣的に接続される。また、配線パターン 48 は、外部端子 50 と電氣的に接続されてもよい。

#### 【0135】

レンズ一体型光ファイバ 250 は、半導体チップ 20 の穴 28 に挿入されている。光素子 10 の光学的部分 12 は、半導体チップ 20 の穴 28 に対向している。したがって、穴 28 に挿入されたレンズ一体型光ファイバ 250 は、光学的部分 12 に対して位置合わせされた状態となる。

#### 【0136】

レンズ一体型光ファイバ 250 は、基板 42 の穴 46 にも挿通されている。穴 46 は、半導体チップ 20 の穴 28 に向けて徐々に内径が小さくなっており、半導体チップ 20 とは反対側の面では、穴 46 の開口の内径は、光ファイバ 220 よりも大きくなっている。光ファイバ 220 と穴 46 の内面との間の隙間は、樹脂などの充填材 54 で埋めることが好ましい。充填材 54 は、レンズ一体型光ファイバ 250 を固定して抜け止めを図る機能も有する。

#### 【0137】

本実施の形態では、光素子 10 および半導体チップ 20 が、樹脂 56 で封止されている。樹脂 56 は、光素子 10 と半導体チップ 20 との電氣的な接続部分や、半導体チップ 20 と基板 42 に形成された配線パターン 48 との電氣的な接続部分も封止する。

#### 【0138】

### 2. 作用効果

本実施の形態の光モジュールによれば、レンズ一体型光ファイバ 250 と、光学的部分 12 を含む光素子 10 とを含むことにより、光ファイバと光素子との間に別途レンズが設けられた一般的な光モジュールと比較して、装置の簡素化を図

ることができるうえ、装置の小型化および低コスト化を図ることができる。

#### 【0 1 3 9】

また、光ファイバと光素子との間に別途レンズが設けられた一般的な光モジュールと比較して、本実施の形態のレンズ一体型光ファイバ 2 5 0 では、レンズ 1 4 0 が光ファイバ 2 2 0 に設置されているため、別途設けられたレンズと、光ファイバおよび光素子との位置合わせが不要になる。すなわち、レンズ一体型光ファイバ 2 5 0 と光素子 1 0 との間の位置合わせを行なうだけで足りるため、光路調整の簡易化を図ることができる。

#### 【0 1 4 0】

(第 5 の実施の形態)

図 1 1 は、本発明を適用した実施の形態の光伝達装置を示す図である。光伝送装置 9 0 は、コンピュータ、ディスプレイ、記憶装置、プリンタ等の電子機器 9 2 を相互に接続するものである。電子機器 9 2 は、情報通信機器であってもよい。光伝送装置 9 0 は、ケーブル 9 4 の両端にプラグ 9 6 が設けられたものであってもよい。ケーブル 9 4 は、少なくとも一つのレンズ一体型光ファイバ 2 5 0 ( 図 4 ( a ) および図 4 ( b ) 参照) を含む。この場合、光ファイバ 2 2 0 の少なくとも一方の端部にレンズ 1 4 0 が設けられている。プラグ 9 6 は、半導体チップ 2 0 を内蔵する。レンズ一体型光ファイバ 2 5 0 と、光素子 1 0 または半導体チップ 2 0 との取り付け状態は、第 4 の実施の形態にて説明した通りである。なお、このレンズ一体型光ファイバ 2 5 0 のかわりに、前述した変形例または他の実施形態のレンズ一体型光ファイバを用いてもよい。

#### 【0 1 4 1】

レンズ一体型光ファイバ 2 5 0 の一方の端部に接続される光素子 1 0 は、発光素子である。一方の電子機器 9 2 から出力された電気信号は、発光素子である光素子 1 0 によって光信号に変換される。光信号はレンズ一体型光ファイバ 2 5 0 を伝わり、他方の光素子 1 0 に入力される。この他方の光素子 1 0 は、受光素子であり、入力された光信号が電気信号に変換される。電気信号は、他方の電子機器 9 2 に入力される。こうして、本実施の形態の光伝達装置 9 0 によれば、光信号によって、電子機器 9 2 の情報伝達を行うことができる。

**【0142】****(第6の実施の形態)**

図12は、本発明を適用した実施の形態の光伝達装置の使用形態を示す図である。光伝達装置90は、電子機器100間を接続する。電子機器100として、液晶表示モニターまたはデジタル対応のCRT（金融、通信販売、医療、教育の分野で使用されることがある。）、液晶プロジェクタ、プラズマディスプレイパネル（PDP）、デジタルTV、小売店のレジ（POS（Point of Sale Scanning）用）、ビデオ、チューナー、ゲーム装置、プリンター等が挙げられる。

**【0143】**

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法および結果が同一の構成、あるいは目的および結果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成または同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

**【図面の簡単な説明】**

**【図1】** 図1（a）は、本発明を適用した第1の実施の形態に係るレンズ一体型光ファイバを模式的に示す側面図であり、図1（b）は、図1（a）に示すレンズ一体型光ファイバを模式的に示す正面図である。

**【図2】** 図1（a）および図1（b）に示すレンズ一体型光ファイバの一製造工程を模式的に示す図である。

**【図3】** 図1（a）および図1（b）に示すレンズ一体型光ファイバの一製造工程を模式的に示す図である。

**【図4】** 図4（a）は、本発明を適用した第2の実施の形態に係るレンズ一体型光ファイバを模式的に示す側面図であり、図4（b）は、図4（a）に示すレンズ一体型光ファイバを模式的に示す正面図である。

**【図5】** 図4（a）および図4（b）に示すレンズ一体型光ファイバの一製造工程を模式的に示す図である。

【図 6】 図 4 (a) および図 4 (b) に示すレンズ一体型光ファイバの一製造工程を模式的に示す図である。

【図 7】 図 4 (a) および図 4 (b) に示すレンズ一体型光ファイバの一製造工程を模式的に示す図である。

【図 8】 図 8 (a) は、図 4 (a) および図 4 (b) に示すレンズ一体型光ファイバの一変形例を模式的に示す図であり、図 8 (b) は、図 8 (a) に示すレンズ一体型光ファイバを模式的に示す正面図である。

【図 9】 図 9 (a) は、本発明を適用した第 3 の実施の形態に係るレンズ一体型光ファイバを模式的に示す側面図であり、図 9 (b) は、図 9 (a) に示すレンズ一体型光ファイバを模式的に示す正面図である。

【図 10】 本発明を適用した第 4 の実施の形態に係る光モジュールを模式的に示す図である。

【図 11】 本発明を適用した第 5 の実施の形態に係る光伝達装置を模式的に示す図である。

【図 12】 本発明を適用した第 6 の実施の形態に係る光伝達装置の使用形態を模式的に示す図である。

#### 【符号の説明】

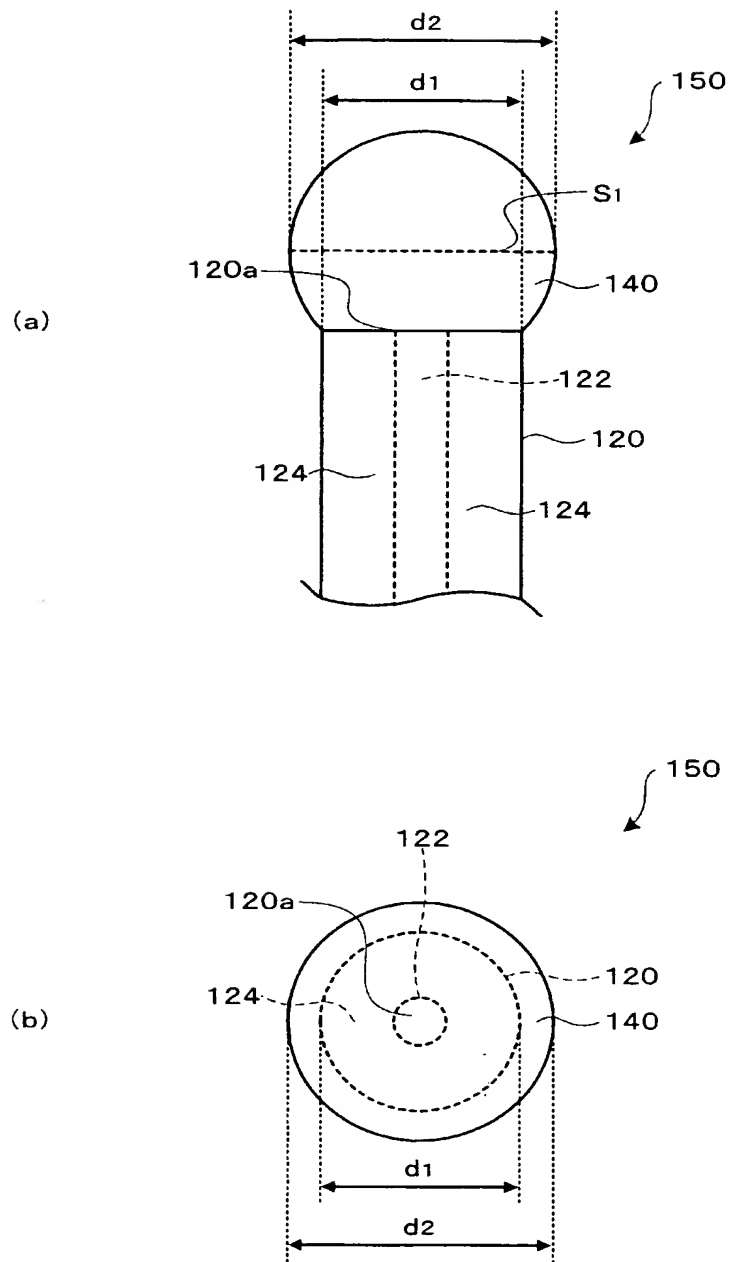
10 光素子、 12 光学的部分、 14 第 1 の電極、 16 第 2 の電極、 20 半導体チップ、 21 凹部、 22 電極、 24 配線パターン、 26 ハンダ、 27 ワイヤ、 28 穴、 29 テーパ、 32 先端面、 40 アンダーフィル材、 42 基板、 43 絶縁膜、 44 接着剤、 46 穴、 48 配線パターン、 50 外部端子、 52 ワイヤ、 54 充填材、 56 樹脂、 90 光伝送装置、 92, 100 電子機器、 94 ケーブル、 96 プラグ、 110 インクジェットヘッド、 112 インクジェットノズル、 113 エネルギー、 120, 220, 320 光ファイバ、 120a 光ファイバの端面、 140, 240, 340 レンズ、 140a, 240a レンズ前駆体、 140b 液滴、 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> 最大切断面、 122, 222, 322 コア、 124, 224, 324 クラッド、 150, 250, 251, 350 レンズ一体型光ファイバ

、 2 1 3 紫外線、 2 2 2 a, 2 2 2 b, 3 2 2 a コアの端面、 2 2 4 a, 3 2 4 a クラッドの端面、 2 2 6 封止材、 2 3 0 エッチャント、 2 3 2 液体、 2 6 0 凸部、 3 6 0 凹部、  $S_1$ ,  $S_2$  最大切断面、  $d_1$  光ファイバの端面の最大幅、  $d_2$  最大切断面  $S_1$  の最大幅、  $d_3$  コアの端面の最大幅、  $d_4$  最大切断面  $S_2$  の最大幅

【書類名】

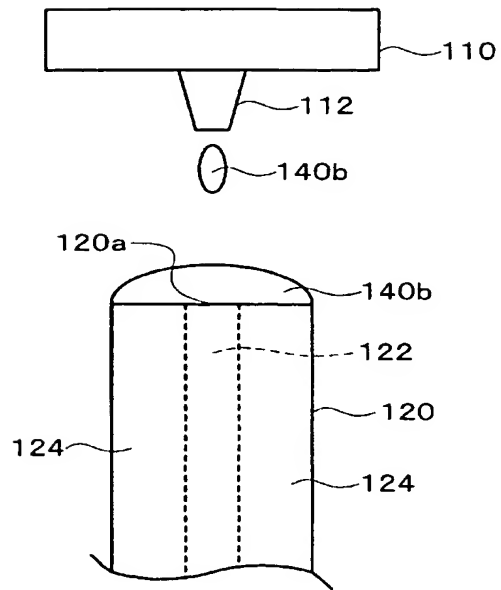
図面

【図 1】

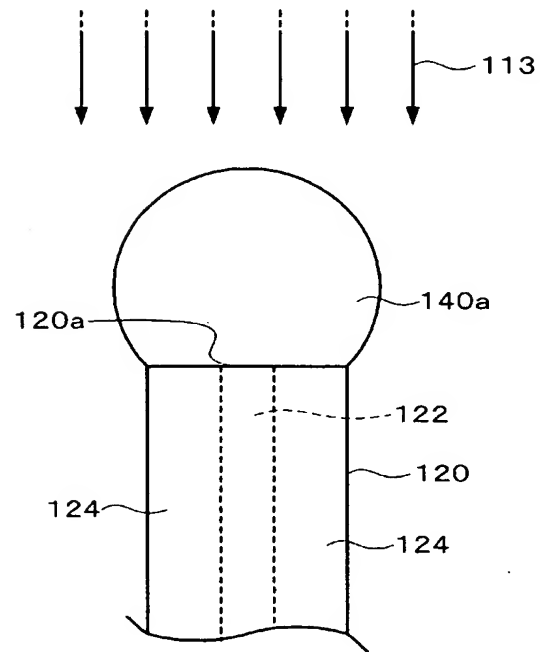




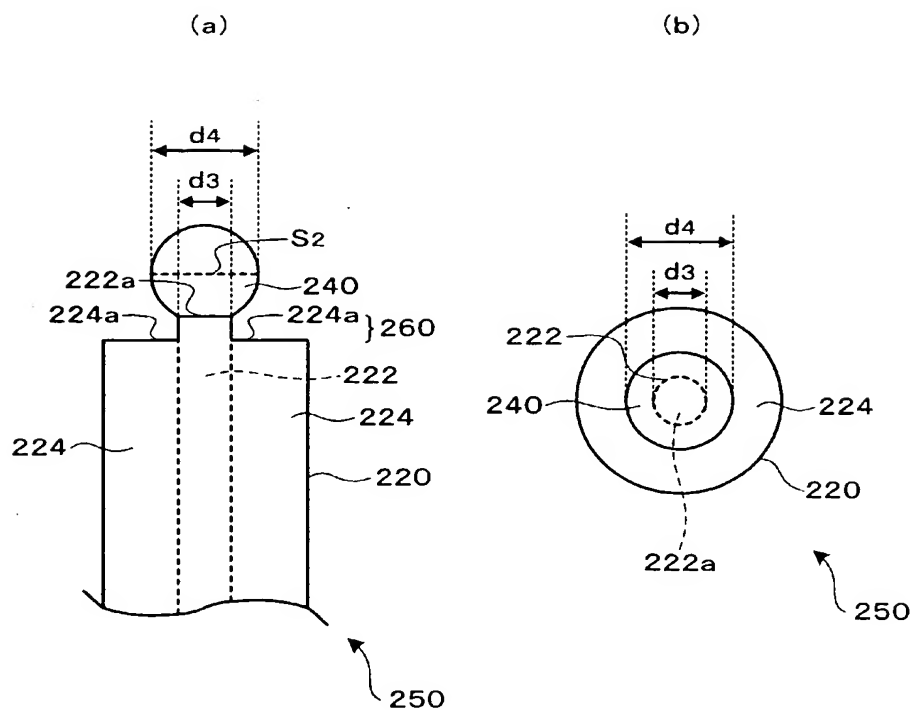
【図 2】



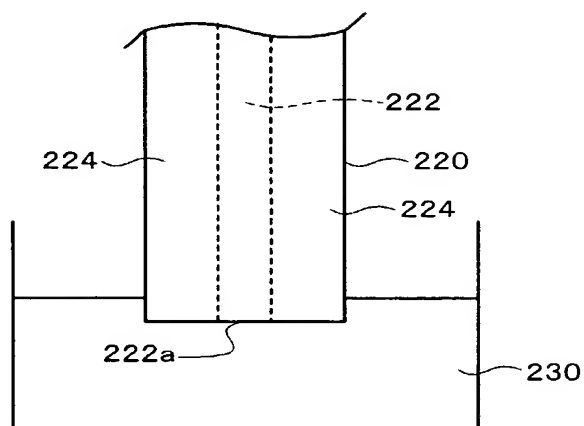
【図 3】



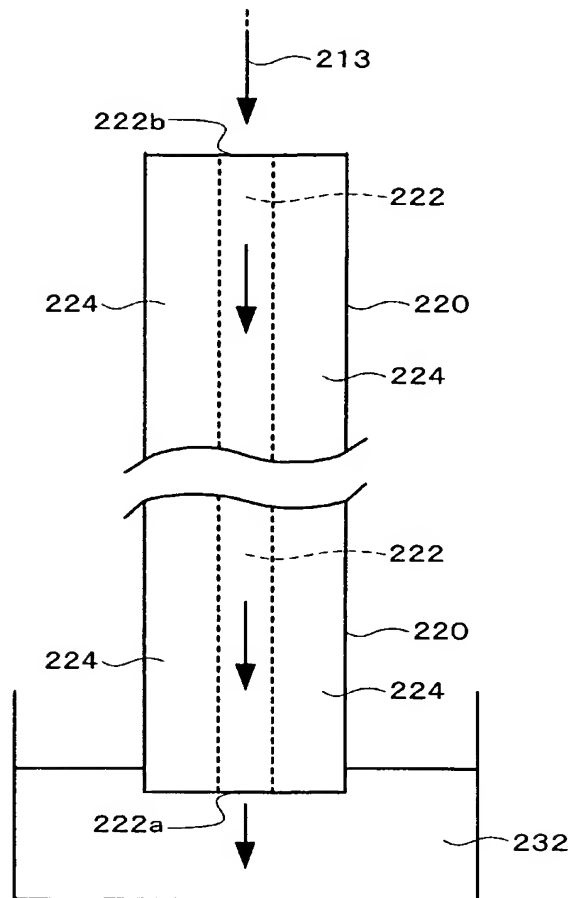
【図 4】



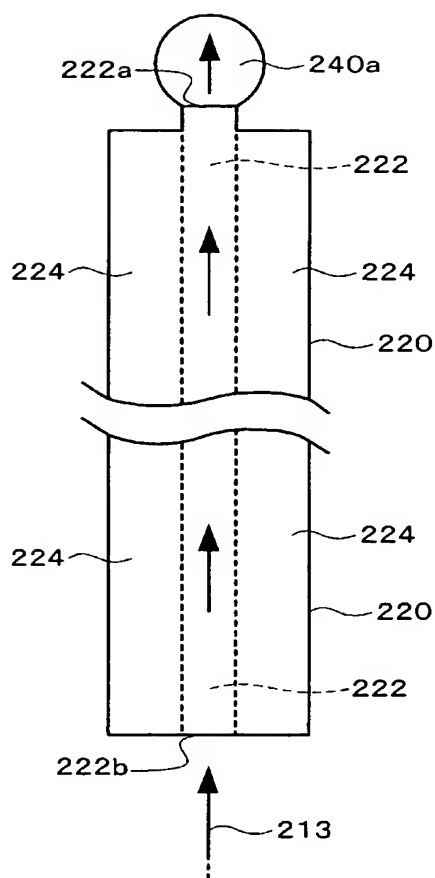
【図 5】



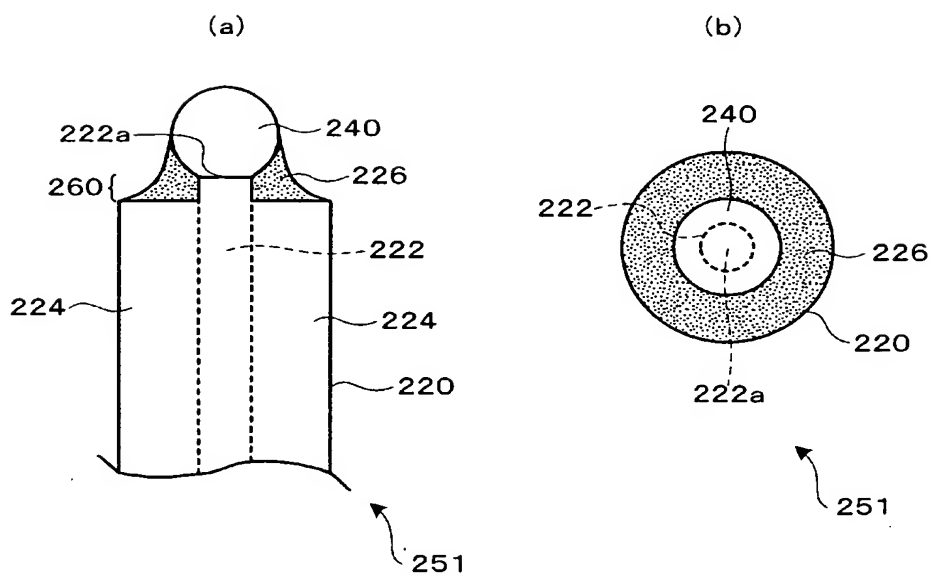
【図 6】



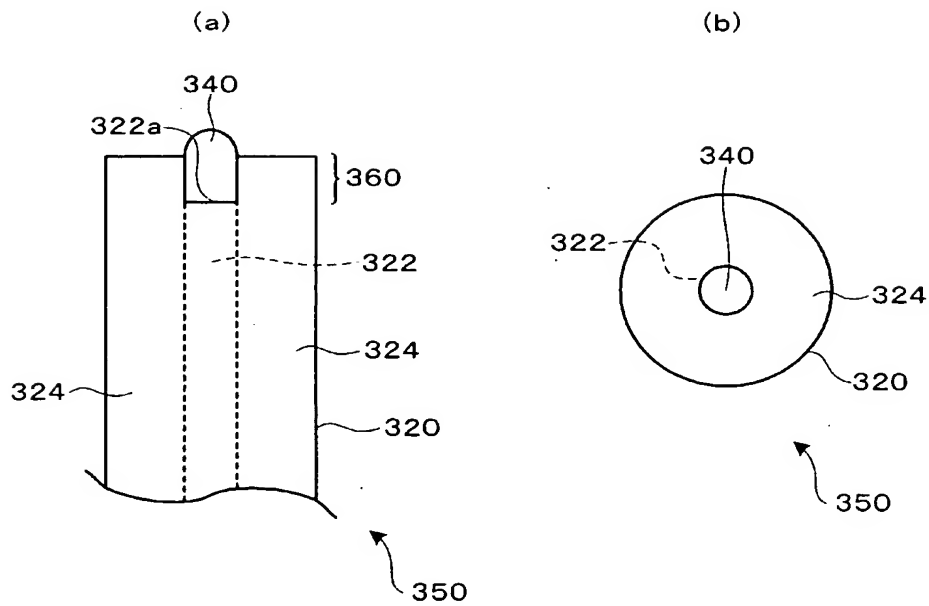
【図 7】



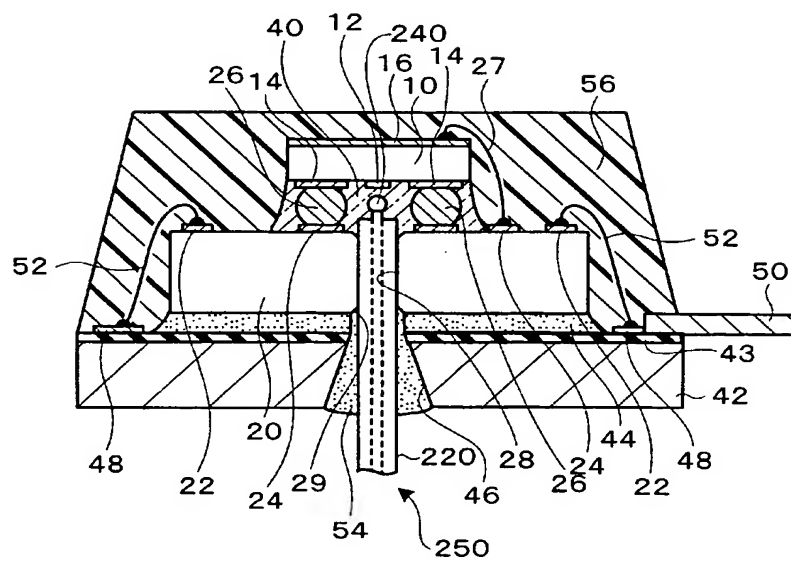
【図 8】



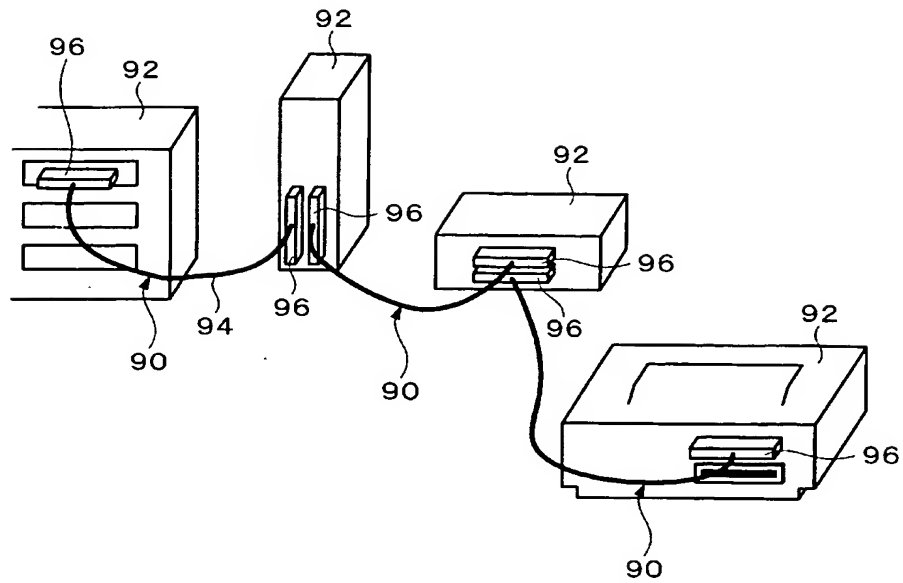
【図 9】



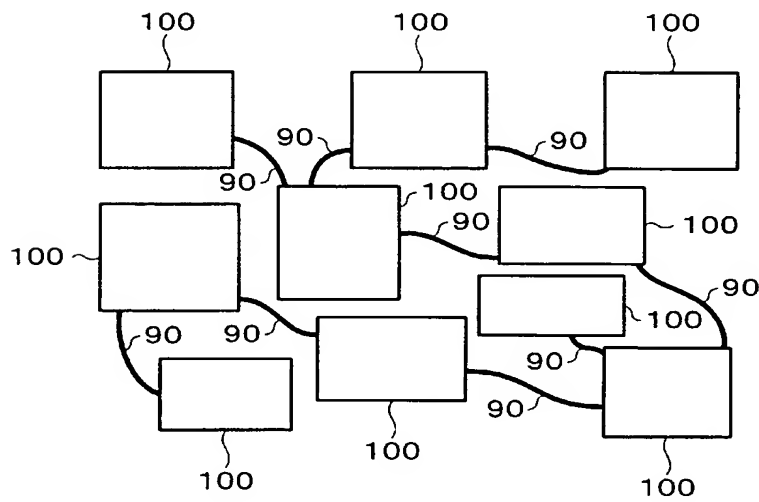
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 安価であり、かつ光学特性が良好に制御されたレンズ一体型光ファイバおよびその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明のレンズ一体型光ファイバ 1 5 0 は、光ファイバ 1 2 0 と、光ファイバ 1 2 0 の端面 1 2 0 a 上に設けられたレンズ 1 4 0 を含む。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 3 2 0 7 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 3 6 9 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名

セイコーエプソン株式会社